

#2
IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

1c971 U.S. PTO
10/059156
01/31/02

In re PATENT APPLICATION of
Inventor(s): SHIBATA

Appln. No.:
Series Code ↑ ↑ Serial No.

Group Art Unit:

Filed: January 31, 2002

Examiner:

Title: APPARATUS AND METHOD FOR HEAD POSITIONING
CONTROL IN DISK DRIVE

Atty. Dkt. P 290678
01S0749-1

T2HK-

M#

Client Ref

Date: January 31, 2002

**SUBMISSION OF PRIORITY
DOCUMENT IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF RULE 55**

Hon. Asst Commissioner of Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Please accept the enclosed certified copy(ies) of the respective foreign application(s) listed below for which benefit under 35 U.S.C. 119/365 has been previously claimed in the subject application and if not is hereby claimed.

<u>Application No.</u>	<u>Country of Origin</u>	<u>Filed</u>
2001-024475	JAPAN	January 31, 2001

Respectfully submitted,

Pillsbury Winthrop LLP
Intellectual Property Group

1600 Tysons Boulevard
McLean, VA 22102
Tel: (703) 905-2000

Atty/Sec: gjp/vaw

By Atty: Glenn J. Perry

Reg. No. 28458

Sig: 

Fax: (703) 905-2500
Tel: (703) 905-2161

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

Jc971 U.S. PTO

10/059156



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 1月31日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-024475

出 願 人

Applicant(s):

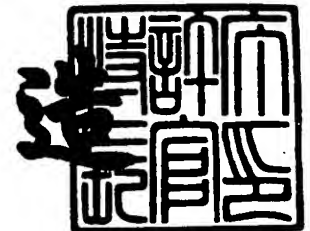
株式会社東芝

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 6月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 A000006602

【提出日】 平成13年 1月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/596
G11B 21/10

【発明の名称】 ヘッド位置決め制御システム及び方法

【請求項の数】 9

【発明者】
【住所又は居所】 東京都青梅市末広町 2 丁目 9 番地 株式会社東芝青梅工場内

【氏名】 柴田 聡

【特許出願人】
【識別番号】 000003078
【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】
【識別番号】 100058479
【弁理士】
【氏名又は名称】 鈴江 武彦
【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】
【識別番号】 100084618
【弁理士】
【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】
【識別番号】 100068814
【弁理士】
【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ヘッド位置決め制御システム及び方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ヘッドとディスクとを有する磁気ディスク装置において、前記ヘッドを前記ディスク上の目標位置に移動させるシーク制御と、前記ヘッドを前記目標位置を基準とする目標範囲内に位置決め整定するトラック追従制御とを実行するヘッド位置決め制御システムであって、

前記ヘッドの位置と前記目標位置との位置誤差を検出する手段と、

前記位置誤差から前記ヘッドを前記目標位置に位置決めするためのフィードバック値を算出する手段と、

前記位置誤差に含まれる、前記ディスクの回転に同期した偏心成分の大きさを表す偏心量を適応学習により取得する適応学習手段と、

前記適応学習手段により取得された偏心量を抑制するためのフィードフォワード値を算出する手段と、

前記フィードバック値及び前記フィードフォワード値を加算して前記ヘッドの位置決め制御値として出力する手段と、

前記ディスクの予め定められた異なる半径位置毎の偏心量を、前記適応学習手段での適応学習の初期値として記憶する手段と、

前記目標位置に応じて前記初期値記憶手段から前記適応学習手段での適応学習に必要な初期値を選択して、その選択した初期値を前記適応学習手段に与える初期値決定手段と

を具備することを特徴とするヘッド位置決め制御システム。

【請求項 2】 前記初期値決定手段は、少なくとも、前記トラック追従制御中に前記ヘッドを新たな目標位置へ移動させるシーク制御への切り替えが必要となった場合には、前記適応学習手段により最も最近に取得された偏心量で、現在のヘッド位置に対応する前記初期値記憶手段内の初期値を更新する手段を含むことを特徴とする請求項 1 記載のヘッド位置決め制御システム。

【請求項 3】 前記ディスク記憶装置の起動時に、前記ディスクの前記予め定められた異なる半径位置毎の偏心量を前記適応学習手段により学習させて、前

記初期値記憶手段に記憶させる制御手段を更に具備することを特徴とする請求項 1 記載のヘッド位置決め制御システム。

【請求項 4】 前記ディスクの前記予め定められた異なる半径位置毎の偏心量が予め記憶された不揮発性記憶手段と、

前記ディスク記憶装置の起動時に、前記ディスクの特定の半径位置での偏心量を前記適応学習手段により学習させて、その学習された偏心量と前記不揮発性記憶手段に記憶されている偏心量との関係から、現時点における前記予め定められた異なる半径位置毎の偏心量を推定し、その推定した前記異なる半径位置毎の偏心量が前記初期値記憶手段に記憶されるように制御する補正手段と

を更に具備することを特徴とする請求項 1 記載のヘッド位置決め制御システム

。

【請求項 5】 ヘッドとディスクとを有する磁気ディスク装置において、前記ヘッドを前記ディスク上の目標位置に移動させるシーク制御と、前記ヘッドを前記目標位置を基準とする目標範囲内に位置決め整定するトラック追従制御とを実行するヘッド位置決め制御システムであって、

前記ヘッドの位置と前記目標位置との位置誤差を検出する手段と、

前記位置誤差から前記ヘッドを前記目標位置に位置決めするためのフィードバック値を算出する手段と、

前記位置誤差に含まれる、前記ディスクの回転に同期した偏心成分の大きさを表す偏心量を適応学習により取得する適応学習手段と、

前記適応学習手段により取得された偏心量を抑制するためのフィードフォワード値を算出する手段と、

前記フィードバック値及び前記フィードフォワード値を加算して前記ヘッドの位置決め制御値として出力する手段と、

前記ディスクの予め定められた異なる半径位置毎の偏心量から求められる前記ディスクの半径位置に対する偏心量との関係を表す偏心特性を記憶する偏心特性記憶手段と、

前記目標位置と前記偏心特性記憶手段に記憶されている偏心特性とから当該目標位置での偏心量を推定し、その推定した偏心量を前記適応学習手段での適応学

習に必要な初期値として当該適応学習手段に与える初期値決定手段と

を具備することを特徴とするヘッド位置決め制御システム。

【請求項 6】 前記ディスク記憶装置の起動時に、前記ディスクの前記予め定められた異なる半径位置毎の偏心量を前記適応学習手段により学習させ、その学習結果に基づいて前記偏心特性を求めて前記偏心特性記憶手段に記憶させる制御手段を更に具備することを特徴とする請求項 5 記載のヘッド位置決め制御システム。

【請求項 7】 前記ディスクの前記予め定められた異なる半径位置毎の偏心量から求められる前記偏心特性が予め記憶された不揮発性記憶手段と、

前記ディスク記憶装置の起動時に、前記ディスクの特定の半径位置での偏心量を前記適応学習手段により学習させて、その学習された偏心量と前記不揮発性記憶手段に記憶されている偏心特性との関係から、現時点における前記ディスクの半径位置に対する偏心量の関係を示す偏心特性を推定し、その推定した偏心特性が前記偏心特性記憶手段に記憶されるように制御する補正手段と

を更に具備することを特徴とする請求項 5 記載のヘッド位置決め制御システム

【請求項 8】 ヘッドとディスクとを有する磁気ディスク装置において、前記ヘッドを前記ディスク上の目標位置に移動させるシーク制御と、前記ヘッドを前記目標位置を基準とする目標範囲内に位置決め整定するトラック追従制御とを実行するヘッド位置決め制御方法であって、

前記ディスクの回転に同期した偏心成分の大きさを表す偏心量を、前記ディスクの予め定められた異なる半径位置毎に予め学習するステップと、

前記ヘッドの位置と前記目標位置との位置誤差が検出される度に、当該位置誤差から前記ヘッドを前記目標位置に位置決めするためのフィードバック値を算出するステップと、

少なくとも前記トラック追従制御の期間、前記位置誤差が検出される度に、当該位置誤差に含まれる偏心成分の大きさを表す偏心量を適応学習により取得するステップと、

前記適応学習に用いられる初期値を、前記予め学習されている半径位置毎の偏

心量から前記目標位置に応じて選択して、当該適応学習で使用させるステップと

前記適応学習により取得された偏心量を抑制するためのフィードフォワード値を算出するステップと、

前記フィードバック値及び前記フィードフォワード値を加算して前記ヘッドの位置決め制御値として出力するステップと

を具備することを特徴とするヘッド位置決め制御方法。

【請求項 9】 ヘッドとディスクとを有する磁気ディスク装置において、前記ヘッドを前記ディスク上の目標位置に移動させるシーク制御と、前記ヘッドを前記目標位置を基準とする目標範囲内に位置決め整定するトラック追従制御とを実行するヘッド位置決め制御方法であって、

前記ディスクの回転に同期した偏心成分の大きさを表す偏心量を、前記ディスクの予め定められた異なる半径位置毎に予め学習して、前記ディスクの半径位置に対する偏心量の関係を表す偏心特性を抽出するステップと、

前記ヘッドの位置と前記目標位置との位置誤差が検出される度に、当該位置誤差から前記ヘッドを前記目標位置に位置決めするためのフィードバック値を算出するステップと、

少なくとも前記トラック追従制御の期間、前記位置誤差が検出される度に、当該位置誤差に含まれる偏心成分の大きさを表す偏心量を適応学習により取得するステップと、

前記適応学習に用いられる初期値を前記目標位置と前記抽出された偏心特性とから推定して、当該適応学習で使用させるステップと、

前記適応学習により取得された偏心量を抑制するためのフィードフォワード値を算出するステップと、

前記フィードバック値及び前記フィードフォワード値を加算して前記ヘッドの位置決め制御値として出力するステップと

を具備することを特徴とするヘッド位置決め制御方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ヘッドをディスク上の目標位置（が属する目標トラック）に移動させて当該目標位置を基準とする目標範囲内に位置決めするための制御を実行するディスク記憶装置に係り、特にディスクの回転に同期する偏心量のディスクの半径位置の違いを補正することが可能なヘッド位置決め制御システム及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、磁気ディスク装置に代表されるディスク記憶装置には、ディスク（ディスク記録媒体）上の目標位置（が属する目標トラック）の目標範囲内に、ヘッドを位置決め制御するためのサーボシステム（ヘッド位置決め制御システム）が設けられている。このサーボシステムは、ディスク上に離散的に配置されたサーボエリアからヘッドにより再生されるサーボデータに基づいて、当該ヘッドを搭載しているアクチュエータ（制御対象）を駆動制御する。サーボシステムは、アクチュエータを駆動制御することにより、ヘッドを目標トラックまで移動させるシーク動作を実行するシーク制御機能と、目標トラックに移動されたヘッドを当該目標トラックの目標範囲内に位置決めするためのトラック追従動作を実行するトラック追従制御機能とを有している。

【0003】

従来のサーボシステムは、フィードバック制御システムによって実現されている。このフィードバック制御システムは、位置誤差検出器とフィードバック（FB）コントローラとを主要素とする。位置誤差検出器は、ヘッド位置 y と目標位置 r との位置誤差 e を検出する。目標位置 r は、シーク動作では目標トラック（目標トラック位置）であり、トラック追従動作では目標トラックの例えば中心線である。なお、ヘッドがMR（Magneto Resistive；磁気抵抗効果型）ヘッドのようにリードヘッドとライトヘッドとから構成されている場合には、トラック追従動作における目標位置はリード時とライト時とで異なる。

【0004】

フィードバック（FB）コントローラは、位置誤差検出器によって検出される

位置誤差 e を観測し、当該位置誤差 e を解消するための制御値（フィードバック値） U_b を算出する。この制御値 U_b は制御対象（プラント）に与えられる。制御対象は、FBコントローラからの制御値 U_b に応じてヘッドを駆動制御する。ここで、FBコントローラは、ディスク記憶装置の主制御装置を構成するマイクロプロセッサ（CPU）である。また、制御対象は、ボイスコイルモータ（VCM）を含むロータリ型アクチュエータである。

【0005】

ところで、ディスク上の目標位置 r は、ディスクの回転偏心（disk runout）や、ディスクをスピンドルモータのハブにねじ止めすることに起因するディスクの半径方向の歪み等により、ディスクの回転に同期して変動することが確認されている。しかし、上記したフィードバック制御システムでは、この変動する成分の大きさ（偏心量）を観測することはできない。

【0006】

そこで近年は、特開平11-39814号公報に記載されているような、ディスクの回転に同期する偏心成分の大きさ（偏心量）を位置誤差から検出（算出）し、その偏心量を位置誤差から除去するサーボシステム（を備えたディスク装置）が提案されている。この偏心量は、上記位置誤差の観測値に対してフーリエ級数展開を施すフーリエ変換演算を実行することで、偏心次数に対応する各フーリエ係数毎のサイン（sin）成分とコサイン（cos）成分として求められる。上記公報記載のサーボシステム（ヘッド位置決め制御システム）では、トラック追従動作において、1サンプル前に得られた偏心量のフーリエ係数、つまり学習値に、現時点の位置誤差の観測値より得られるフーリエ級数の変化分を加算することで、現時点のヘッド位置における偏心量を求める適応学習手法が適用される。この学習手法では、学習値（適応学習値）の初期値が必要となる。

【0007】

しかし、サーボシステムに学習値の初期値を与えるには、次の点を考慮する必要がある。即ち、ヘッドはロータリ型アクチュエータにより駆動されることから、ヘッドのディスク上の軌跡は円弧状となる。このため、ディスクの回転に同期する偏心量は、トラック位置によって、つまりディスクの半径方向位置（半径位

置)によって変化するという点である。即ち、ヘッド位置によって学習値の初期値を切り替える必要があるということである。

【0008】

そこで米国特許第6002540号明細書では、特定トラックで学習した偏心量を目標トラック位置に応じて補正することで、ヘッド位置に適した学習値の初期値を決定することが提案されている。ここでは、補正量のディスクの半径位置の違いによる振幅差を予め定められた1つの数式モデルに従って求めることで、ヘッド位置に適した学習値の初期値を決定している。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

上記したように近年は、ヘッドの主としてトラック追従制御の精度を向上するために、ディスクの回転に同期する偏心量を位置誤差から検出し、その偏心量を位置誤差から除去するサーボシステムが知られている。また、この種のサーボシステムに好適な技術として、米国特許第6002540号明細書に記載されている技術、即ち特定トラック（学習トラック）で学習した偏心量を予め定められた数式モデルに従って目標トラック位置に適した値に補正して、その補正後の値を目標トラック位置での学習値の初期値とする技術（以下、先行技術と称する）が提案されている。

【0010】

しかし、実際のディスク記憶装置では、ヘッドが位置するディスク半径位置（トラック位置）と偏心量との関係は数式モデル通りの特性になるとは限らない。このため、上記先行技術では装置ばらつきに対応できない。つまり、上記先行技術では、実際のディスク記憶装置に適合しない初期値が用いられるために、シーク後の偏心量の差分を補正するのに多大な時間を要し装置のパフォーマンスが低下する虞があった。

【0011】

本発明は上記事情を考慮してなされたものでその目的は、適応学習値の初期値として、実際のディスク記憶装置に適合し、且つ目標位置に応じた偏心量を用いることができ、これによりヘッドを目標位置に高精度に追従させることができる

ヘッド位置決め制御システム及び方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明は、ヘッドをディスク上の目標位置に移動させるシーク制御と、上記ヘッドを上記目標位置を基準とする目標範囲内に位置決め整定するトラック追従制御とを実行するディスク記憶装置のヘッド位置決め制御システムにおいて、ヘッド位置と目標位置との位置誤差を検出する手段と、上記位置誤差からヘッドを目標位置に位置決めするためのフィードバック値を算出する手段と、上記位置誤差に含まれる、ディスクの回転に同期した偏心成分の大きさを表す偏心量を適応学習により取得する手段と、この取得された偏心量を抑制するためのフィードフォワード値を算出する手段と、上記フィードバック値及び上記フィードフォワード値を加算してヘッドの位置決め制御値として出力する手段と、上記ディスクの予め定められた異なる半径位置毎の偏心量を、上記適応学習手段での適応学習の初期値として記憶する手段と、上記目標位置に応じて、上記初期値記憶手段から上記適応学習手段での適応学習に必要な初期値を選択して、その選択した初期値を当該適応学習手段に与える初期値決定手段とを備えたことを特徴とする。

【0013】

このようなシステムにおいては、適応学習値の初期値が、目標位置（が属する目標トラック位置）に応じて、実際のディスク記憶装置におけるディスクの半径方向の位置（半径位置）による歪み量等の相違に起因する偏心量（目標位置の変動量）の違いを反映した値に切り替えられるため、ヘッドを目標位置に高精度に追従させることが可能となる。

【0014】

ここで、ディスクの半径位置に対する偏心量の関係（偏心特性）は、各ディスク記憶装置間だけでなく、各ディスク面間でもばらつく。したがって上記初期値記憶手段には、当該記憶手段を備えたディスク記憶装置における上記ディスクの予め定められた異なる半径位置毎の偏心量を、各ディスク面毎（つまりヘッド毎）に記憶させるようにするとよい。

【0015】

ここで、少なくとも、トラック追従制御中にヘッドを新たな目標位置（が属する目標トラック）へ移動させるシーク制御への切り替えが必要となった場合に、上記適応学習手段により最も最近に取得された偏心量で、現在のヘッド位置に対応する上記初期値記憶手段内の初期値を更新する手段を上記初期値決定手段に持たせるとよい。この場合、上記初期値記憶手段内の更新後の初期値は、ディスク記憶装置の最新の状態における、該当するディスクの半径位置での偏心量を表す。したがって、ヘッドを目標位置に、より高精度に追従させることが可能となる。

【0016】

また、ディスク記憶装置の起動時に、上記ディスクの上記予め定められた異なる半径位置毎の偏心量を上記適応学習手段により学習させて、上記初期値記憶手段に記憶させる制御手段を設けるようにしてもよい。この場合、上記初期値記憶手段には、ディスク記憶装置が起動される毎に、当該記憶装置の最新の状態における予め定められた異なる半径位置毎の偏心量が記憶される。したがって、ディスクの半径位置毎の偏心量がディスク記憶装置毎にばらつくだけでなく経時変化したとしても、どのディスク記憶装置においても、そのばらつきに影響されずにヘッドを目標位置に、より高精度に追従させることが可能となる。

【0017】

また、上記ディスクの上記予め定められた異なる半径位置毎の偏心量が予め記憶された不揮発性記憶手段を追加すると共に、上記制御手段に代えて、ディスク記憶装置の起動時に、上記ディスクの特定の半径位置での偏心量を上記適応学習手段により学習させて、その学習された偏心量と上記不揮発性記憶手段に記憶されている偏心量との関係から、現時点における上記予め定められた異なる半径位置毎の偏心量を推定し、その推定した異なる半径位置毎の偏心量が上記初期値記憶手段に記憶されるように制御する補正手段を用いるようにしてもよい。この場合、ディスク記憶装置の起動時には、ディスクの特定の半径位置での偏心量だけを学習すればよいため、起動時の学習処理のために起動時間が長くなるのを防止できる。なお、不揮発性記憶手段に予め記憶される偏心量の学習値は、ディスク記憶装置の製造時に求めればよい。

【0018】

また、当該ディスクを半径方向に複数のゾーンに分割し、そのゾーン毎に、上記ディスクの予め定められた異なる半径位置を定めるとよい。この半径位置（トラック位置）をゾーンのほぼ中央に定めるならば、なおよい。ここでは、適応学習手段に初期値を与える際には、目標位置（目標トラック）が、上記複数のゾーンのいずれに属するかを判定し、当該目標位置が属するゾーンに対応する偏心量（初期値）を選択すればよい。

【0019】

更に、上記初期値記憶手段に代えて、ディスクの予め定められた異なる半径位置毎の偏心量から求められるディスクの半径位置に対する偏心量の関係を表す偏心特性を記憶する偏心特性記憶手段を設けると共に、上記初期値決定手段に代えて、目標位置と上記偏心特性記憶手段に記憶されている偏心特性とから当該目標位置での偏心量を推定し、その推定した偏心量を上記適応学習手段での適応学習に必要な初期値として当該適応学習手段に与える初期値決定手段を設けてもよい。この場合、目標位置での偏心量が高精度に推定できるため、ヘッドを目標位置に、より高精度に追従させることが可能となる。

【0020】

上記偏心特性記憶手段に記憶される偏心特性は、ディスク記憶装置の起動時に、ディスクの予め定められた異なる半径位置毎の偏心量を適応学習手段により学習させて、その学習結果から求めることが可能である。また、ディスク記憶装置の製造時等に求めて不揮発性記憶手段に予め記憶させておき、ディスク記憶装置の起動時に、ディスクの特定の半径位置での偏心量を適応学習手段により学習させて、その学習された偏心量と不揮発性記憶手段に記憶されている偏心特性との関係から、現時点における偏心特性を推定して、その推定した偏心特性が上記偏心特性記憶手段に記憶されるようにしてもよい。この場合、ディスク記憶装置の起動時には、ディスクの特定の半径位置での偏心量だけを学習すればよいため、起動時の学習処理のために起動時間が長くなるのを防止できる。

【0021】

なお、以上のヘッド位置決め制御システムに係る本発明は、当該システムを備

えたディスク記憶装置に係る発明、或いは当該システムに相当する方法（ヘッド位置決め制御方法）に係る発明としても成立する。

【 0 0 2 2 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を磁気ディスク装置に適用した実施の形態につき図面を参照して説明する。

【 0 0 2 3 】

図 1 は本発明の一実施形態に係る磁気ディスク装置の構成を示すブロック図である。

図 1 の磁気ディスク装置（HDD）において、1 はデータが磁気記録される記録媒体としてのディスク（磁気ディスク）、2 はディスク 1 へのデータ書き込み及びディスク 1 からのデータ読み出しに用いられるヘッド（磁気ヘッド）である。ヘッド 2 は、ディスク 1 の各記録面（ディスク面）に対応してそれぞれ設けられているものとする。なお、図 1 の構成では、ディスク 1 が 2 枚積層配置された HDD を想定しているが、ディスク 1 が 3 枚以上積層配置された HDD、或いは単一枚のディスク 1 を備えた HDD であっても構わない。

【 0 0 2 4 】

ディスク 1 の記録面には、同心円状の多数のデータトラックが形成されている。各トラックには、ヘッド 2 のシーク・位置決め等に用いられるサーボデータが記録されたサーボエリアが等間隔で配置されている。つまり本実施形態の HDD では、ディスク 1 に、いわゆるセクタサーボ方式のフォーマットを適用している。サーボデータは、トラックコード（シリンダ番号）及びサーボバーストデータを含む。トラックコードは、データトラックを識別するためのトラックアドレスである。サーボバーストデータは、データトラックの目標範囲内にヘッド 2 を位置決めするためのトラック追従動作に使用される位置誤差データである。サーボエリア間には複数のセクタ（データセクタ）が配置されている。各サーボエリアは、ディスク 1 上では中心から各トラックを渡って放射状に等間隔で配置されている。

【 0 0 2 5 】

ディスク 1 はスピンドルモータ（以下、SPM と称する）3 により高速に回転する。ヘッド 2 はヘッド移動機構としてのロータリ型のアクチュエータ 4 に取り付けられている。アクチュエータ 4 は主として、ヘッド 2 を保持しているサスペンションを含むアーム 5 と、当該アーム 5 をディスク 1 の半径方向に駆動するためのボイスコイルモータ（VCM）6 とから構成される。アクチュエータ 4 は、後述するサーボシステムでの制御対象（プラント）2 3 に相当する。

【 0 0 2 6 】

SPM 3 は、SPM ドライバ 7 A から供給される駆動電流（SPM 電流）により駆動される。アクチュエータ 4 は、VCM ドライバ 7 B から供給される駆動電流（VCM 電流）により駆動される。本実施形態において、SPM ドライバ 7 A 及び VCM ドライバ 7 B は、1 チップに集積回路化されたドライバ IC 7 によって実現されている。

【 0 0 2 7 】

ヘッド 2 は信号処理回路 1 0 と接続されている。信号処理回路 1 0 は、ヘッドアンプ回路（ヘッド IC）1 1 と、リード／ライト（R／W）チャンネル 1 2 と、サーボ処理回路 1 3 とから構成される。ヘッドアンプ回路 1 1 は、ヘッド 2 により読み出されたリード信号を増幅するリードアンプ、及びライトデータをライト電流に変換するライトアンプを有する。R／W チャンネル 1 2 は、リード信号に対する A／D（アナログ／ディジタル）変換処理、ライトデータの符号化処理及びリードデータの復号化処理等の各種の信号処理を実行する。R／W チャンネル 1 2 は、リード信号をパルス化してパルス化リードデータとして出力するパルス化機能と、サーボ処理回路 1 3 からのタイミング信号（バーストタイミング信号）に応じてサーボデータ中のサーボバーストデータを抽出する機能とを有している。このサーボバーストデータは CPU 1 6 に送られて、ヘッド 2 を目標トラックの目標範囲内に位置決めするためのトラック追従制御に用いられる。

【 0 0 2 8 】

サーボ処理回路 1 3 は、R／W チャンネル 1 2 から出力されるリードパルスからバーストタイミング信号を含む各種タイミング信号を生成する機能と、サーボデータに含まれているトラックコードを抽出する機能とを有している。このトラッ

クコードは、CPU 16に送られて、ヘッド2を目標トラックに移動するシーク制御に用いられる。

【0029】

ディスクコントローラ（HDC）14は、HDDを利用するホストシステムと接続されている。ホストシステムは、パーソナルコンピュータ等のデジタル機器である。ディスクコントローラ14は、ホストシステムとの間のコマンド（ライトコマンド、リードコマンド等）、データの通信を制御するインタフェース制御機能と、信号処理回路10を介してディスク1との間のデータ転送を制御するディスク制御機能と、バッファメモリ15を制御するバッファ制御機能とを有する。

【0030】

バッファメモリ15は、主として、ホストシステムから転送されてディスク1に書き込むべきデータ（ライトデータ）を一時格納するためのライトキャッシュと、ディスク1から読み出されてホストシステムに転送されるデータ（リードデータ）を一時格納するためのリードキャッシュとして用いられる。バッファメモリ15は例えばRAM（Random Access Memory）を用いて構成される。

【0031】

CPU 16は、不揮発性メモリ、例えば書き換え可能な不揮発性メモリとしてのフラッシュROM（Flash Read Only Memory）17に格納されている制御プログラムに従ってHDD全体の制御を実行する。この制御プログラムは、サーボシステムの制御プロセスを含む。CPU 16が制御プロセスを実行することにより実現される制御には、サーボ処理回路13により抽出されたトラックコードに基づいてヘッド2を目標トラックに移動させるシーク制御と、R/Wチャネル12により抽出されたバーストデータに基づいてヘッド2を目標トラックの目標範囲内に位置決めするためのトラック追従制御とが含まれている。

【0032】

CPU 16には、フラッシュROM（以下、FROMと称する）17とRAM 18とが接続されている。RAM 18は、CPU 16のワーク領域等を提供する。

【 0 0 3 3 】

図 2 は図 1 中の CPU 1 6 が制御プロセスを実行することにより実現されるサーボシステムの概念を説明するためのブロック図である。

図 2 のサーボシステムはヘッド 2 をディスク 1 上の目標位置を基準とする目標範囲内に位置決めするためのヘッド位置決め制御システムである。このシステムは、フィードバック制御系 2 1 と、学習型のフィードフォワード制御系 2 2 とから構成される。

【 0 0 3 4 】

フィードバック制御系 2 1 は、フィードバックコントローラ（以下、FBコントローラと称する）2 1 1 と位置誤差検出器 2 1 2 とを主要素とする。フィードフォワード制御系 2 2 は、偏心成分検出器 2 2 1 とフィードフォワードコントローラ（以下、FFコントローラと称する）2 2 2 とを主要素とする。

【 0 0 3 5 】

フィードバック制御系 2 1 において、位置誤差検出器 2 1 2 は目標位置 r とヘッド位置 y との位置誤差 e を検出する。シーク制御の場合、目標位置 r 、ヘッド位置 y 、位置誤差 e は、それぞれ目標トラック（目標シーク位置）、ヘッド 2 が位置するトラック、目標トラックとヘッド 2 が位置するトラックとの間のトラック差である。ヘッド 2 が位置するトラックは、サーボ処理回路 1 3 によりサーボデータから抽出されるトラックコードによって示される。一方、トラック追従制御の場合、位置誤差 e は、R/Wチャネル 1 2 によってリード信号から抽出されるサーボバーストデータの振幅の A/D 変換値によって示される。FBコントローラ 2 1 1 は、位置誤差 e をもとに、当該位置誤差 e を解消する制御値（フィードバック値） U_b を算出する。シーク制御が行われるモードをシークモードと呼び、トラック追従制御が行われるモードをトラック追従モードと呼ぶ。

【 0 0 3 6 】

フィードフォワード制御系 2 2 において、偏心成分検出器 2 2 1 はトラック追従モードでは、位置誤差 e に含まれるディスク 1 の回転に同期した偏心成分の大きさ（偏心量）をフーリエ変換演算により検出（算出）する。但し、本実施形態の HDD では、ディスク 1 にセクタサーボ方式のフォーマットを適用しているの

で、サーボデータは離散的にしか得られない。このため、位置誤差 e は、サーボデータが検出されるサンプル時点毎に検出される。そこで偏心成分検出器 2 2 1 は、位置誤差検出器 2 1 2 によって位置誤差 e が検出される毎に、当該位置誤差 e と 1 サンプル前における偏心成分検出器 2 2 1 の検出結果（学習値）とをもとに、当該位置誤差 e に含まれる偏心量を検出（算出）する適応学習を行う。つまり偏心成分検出器 2 2 1 は適応学習器である。

【 0 0 3 7 】

偏心成分検出器 2 2 1 は、フィードバックコントローラ 2 1 1 で吸収しきれない位置誤差からフィードフォワード量を求めるためのものである。即ち、制御対象（プラント）2 3 のゲインのばらつき、例えば VCM 6 のトルク定数のディスク 1 における内外周差や、観測系のばらつき、例えばヘッド 2 の位置ずれ量とバースト振幅の関係やディスク 1 の内外周でのヨー角の差などを含めた系全体の特性により、検出される偏心成分は異なってくる。このように、ここでの偏心成分検出器 2 2 1 は、ディスク 1 の物理的な偏心量を直接知るものではなく、フィードバックコントローラ 2 1 1 で吸収しきれない制御量を補うためのフィードフォワード量を求める働きをしている。そして実際のフィードフォワード量は、上述のばらつきによって、ヘッド 2 のディスク 1 上の半径方向位置により異なってくる。

【 0 0 3 8 】

偏心成分検出器 2 2 1 での適応学習により検出（算出）された偏心量は F F コントローラ 2 2 2 に出力される。また偏心成分検出器 2 2 1 は、シークモードでは、適応学習機能をオフし、偏心量（適応学習値）の初期値をそのまま F F コントローラ 2 2 2 に出力する。

【 0 0 3 9 】

ディスク 1 の回転に同期する偏心成分の大きさ（偏心量）は、当該ディスク 1 の半径方向の位置（半径位置）によって異なる。この偏心量は、図 4 に示すように、ディスク 1 の内周側と外周側とで大きく異なる。このため前記先行技術では、特定トラックで学習した偏心量を目標トラック位置に応じて補正することで、ヘッド位置に適した学習値の初期値を決定している。しかし、実際の HDD では

、ヘッドのディスク半径位置（トラック位置）と偏心量との関係は、HDD毎に、且つディスク面（ヘッド）毎に異なり、数式モデル通りの特性になるとは限らない。

【0040】

そこで本実施形態では、ディスク1を半径方向に n （ n は2以上の整数）個のゾーン0～ $n-1$ に分割し、HDDの起動時にディスク1の各ディスク面（ヘッド）の各ゾーン i （ $i=0\sim 3$ ）毎に、そのゾーン i 内の特定トラック、例えばほぼ中央のトラックで偏心量を学習し、その学習値を当該ディスク面のゾーン i に固有の偏心量の初期値として、RAM18に格納するようにしている。そのためRAM18には、図3（a）に示すように、ヘッド（ディスク面）毎で且つゾーン i 毎の学習値の初期値を格納するための初期値領域180aが確保される。本実施形態では、ディスク1は図1に示すように2枚であり、したがってヘッドはヘッド0～3の3つである。また本実施形態では、図5に示すように、ゾーン数 n がゾーン0～3の4つの場合を想定している。

【0041】

フィードフォワード制御系22には、偏心成分検出器221及びFFコントローラ222の他に、RAM18によって実現されるメモリ部223と、偏心成分検出器221での偏心量検出（適応学習）に必要な初期値を決定する初期値決定部224とが設けられている。

【0042】

メモリ部223は、図3（b）に示すように、RAM18内の初期値領域180aに相当する初期値領域223aを有する。初期値領域223a（180a）のデータ構造例を図6に示す。

【0043】

FFコントローラ222は、偏心成分検出器221から出力される偏心量をもとに、当該偏心量を位置誤差 e から除去するための制御値（フィードフォワード値） U_f を算出する。

【0044】

フィードバック制御系21は、FFコントローラ222によって算出された制

御値 U_f と F B コントローラ 2 1 1 によって算出された制御値 U_b とを加算部 2 1 3 によって加算した結果を、プラント 2 3 の制御値として与える。

【 0 0 4 5 】

次に、本実施形態の動作を図 7 のフローチャートを参照して説明する。

まず、図 1 の H D D の起動時に、ディスク 1 の各ヘッド 0 ~ 3 の各ゾーン 0 ~ 3 で偏心量を学習する（ステップ A 1）。この学習は、ヘッド 2 をゾーン i ($i = 0 \sim 3$) のほぼ中央のトラックにシークさせて行われる。学習自体は、H D D の起動後にホストシステムからのリード／ライトコマンドに応じて、当該コマンドで指定されたトラックにシークした後のトラック追従動作での学習と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【 0 0 4 6 】

各ヘッド 0 ~ 3 の各ゾーン 0 ~ 3 毎に求められた偏心量の学習結果（学習値）は、初期値決定部 2 2 4 の制御により、初期値としてメモリ部 2 2 3（R A M 1 8）内の初期値領域 2 2 3 a（1 8 0 a）に図 6 のようにテーブル形式で格納される（ステップ A 2）。

【 0 0 4 7 】

さて、H D D の起動後に、当該 H D D に対してホストシステムからリード／ライトコマンドが与えられ、これに応じて、当該コマンドで指定されたディスク 1 上の目標トラックにヘッド 2 を移動させるシーク要求が C P U 1 6 により発生されたものとする（ステップ A 3）。この場合、C P U 1 6 は、上記目標トラックにヘッド 2 を移動させるシーク制御（速度制御）を、制御プログラム中の制御プロセスに従って実行する。

【 0 0 4 8 】

以下、シーク制御時の動作の詳細について、C P U 1 6 が制御プロセスを実行することにより実現されるサーボシステム内での動作を例に説明する。

【 0 0 4 9 】

まず、位置誤差検出器 2 1 2 には、ヘッド 1 0 4 によりサーボデータが読み出される毎に、ヘッド位置 y として、サーボ処理回路 1 3 によりサーボデータから抽出されるトラックコードが与えられる。また位置誤差検出器 2 1 2 には、目標

位置 r として、目標トラックを示す情報が与えられる。

【 0 0 5 0 】

初期値決定部 2 2 4 は、偏心成分検出器 2 2 1 に対してシークモードを指定することで、偏心量の適応学習機能をオフさせる（ステップ A 4）。この状態で、シーク制御が次のように実行される（ステップ A 5）。

【 0 0 5 1 】

初期値決定部 2 2 4 は、ヘッド 2 が位置するトラック（ヘッド位置 y ）が属するゾーンに対応した偏心量の初期値（適応学習値の初期値）をメモリ部 2 2 3 内の初期値領域 2 2 3 a から読み出して偏心成分検出器 2 2 1 に与える。

【 0 0 5 2 】

偏心成分検出器 2 2 1 は、適応学習機能がオフの場合、初期値決定部 2 2 4 から与えられる偏心量の初期値（適応学習値の初期値）を、そのまま検出結果として出力する。

【 0 0 5 3 】

FFコントローラ 2 2 2 は、偏心成分検出器 2 2 1 から出力される偏心量をもとに、当該偏心量を位置誤差 e から除去するための、つまり位置誤差 e に含まれる偏心成分を抑制（圧縮）するためのデジタルの制御値（フィードフォワード値） U_f を算出する。

【 0 0 5 4 】

フィードバック制御系 2 1 は、FFコントローラ 2 2 2 によって算出された制御値 U_f とFBコントローラ 2 1 1 によって算出された制御値 U_b とを加算部 2 1 3 によって加算した結果を、プラント 2 3 の制御値として与える。但し、実際には、制御値 U_f と制御値 U_b との加算結果（デジタル値）はVCMドライバ 7 Bに出力されて、当該ドライバ 7 B内のD/A変換器により電圧信号に変換され、その電圧信号で決まる正または負のVCM電流が、プラント 2 3 を構成するアクチュエータ 4 中のVCM 6 に供給される。

【 0 0 5 5 】

以上のシーク制御を、サーボデータが検出されるサンプル時点毎に繰り返し実行することで、ヘッド 2 を目標トラックに移動させることができる。

【 0 0 5 6 】

さて、シーク制御中にヘッド位置 y が属するゾーンが切り替わると（ステップ A 6、A 7）、初期値決定部 2 2 4 はメモリ部 2 2 3 内の初期値領域 2 2 3 a から読み出す適応学習値の初期値を、新たなゾーンに対応した初期値に切り替える（ステップ A 8）。これにより、偏心成分検出器 2 2 1 から F F コントローラ 2 2 2 に出力される偏心量も、新たなゾーンに対応した初期値に変更される。

【 0 0 5 7 】

やがて、ヘッド 2 が目標トラックに移動されると、つまりシーク動作が完了すると（ステップ A 6）、初期値決定部 2 2 4 は偏心成分検出器 2 2 1 に対してトラック追従モードを指定することで、偏心量の適応学習機能をオンさせる（ステップ A 9）。この状態で、ヘッド 2 を目標トラックの目標位置（例えば目標トラックの中心線）を基準とする目標範囲内に位置決め整定させるためのトラック追従制御（位置制御）が次のように実行される（ステップ A 1 0）。

【 0 0 5 8 】

まず、位置誤差検出器 2 1 2 は、ヘッド 1 0 4 によりサーボデータが読み出される毎に、R/Wチャネル 1 2 によりリード信号から抽出されるサーボバーストデータの振幅の A/D変換値によって示される位置誤差 e を検出する。 偏心成分検出器 2 2 1 は、位置誤差検出器 2 1 2 によって位置誤差 e が検出される毎に、当該位置誤差 e と 1 サンプル前における偏心成分検出器 2 2 1 の検出結果（適応学習値）とをもとに、当該位置誤差 e に含まれる偏心量を検出（算出）する適応学習を行う。なお、トラック追従制御が開始された際の、1 サンプル前における適応学習値、つまり適応学習値の初期値には、初期値決定部 2 2 4 から与えられた初期値が用いられる。このことは、初期値決定部 2 2 4 から偏心成分検出器 2 2 1 に対して、目標トラック（目標位置 r ）が属するゾーンに対応した初期値が与えられることと等価である。

【 0 0 5 9 】

さて、偏心成分検出器 2 2 1 での適応学習は、特開平 1 1 - 3 9 8 1 4 号公報の段落 0 0 2 7 乃至 0 0.3 7 に記載されている手法を用いて次のように実行される。

【0060】

まず誤差 e の中で、ディスクの回転に同期した偏心成分の大きさ（偏心量）は、周期関数として捉えることができるので、フーリエ級数により展開表現することができる。即ち、ディスクの回転周期を T 、位置誤差の観測情報を $e(t)$ とすれば、 $e(t)$ は次式（1）により表すことができる。

【0061】

【数1】

$$\left. \begin{aligned}
 e(t) = & a_1 \sin \frac{2\pi}{T} t + a_2 \sin 2 \frac{2\pi}{T} t + a_3 \sin 3 \frac{2\pi}{T} t + \dots \\
 & + b_1 \cos \frac{2\pi}{T} t + b_2 \cos 2 \frac{2\pi}{T} t + b_3 \cos 3 \frac{2\pi}{T} t + \dots \\
 & + \frac{1}{2} c_0
 \end{aligned} \right\} (1)$$

【0062】

ここで、 $a_1, a_2, a_3, \dots, b_1, b_2, b_3, \dots, c_0$ はフーリエ係数（1, 2, 3, ... は偏心次数を意味する）であり、各偏心成分の大きさと位相を表す。

【0063】

各フーリエ係数のサイン（sin）成分 a_m 及びコサイン（cos）成分 b_m （ m は 1, 2, 3 ...）は次式（2）により求めることができる。

【0064】

【数 2】

$$\left. \begin{aligned} a_m &= \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} e(t) \sin m \frac{2\pi}{T} t dt \\ b_m &= \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} e(t) \cos m \frac{2\pi}{T} t dt \\ c_0 &= \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} e(t) dt \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

m : 偏心次数

【0 0 6 5】

但し、本実施形態のHDDでは、サーボデータは離散的にしか得られないため、位置誤差 e を時間的に連続な情報として得ることはできない。そこで、位置誤差 e を離散的な情報として得る場合のフーリエ係数 a_m 、 b_m を求める関係式(3)を以下に示す。

【0 0 6 6】

【数 3】

$$\left. \begin{aligned} a_m &= \frac{2Ts}{T} \sum_{i=1}^{\frac{T}{Ts}} e(i) \sin m \frac{2\pi}{T} t(i) \\ b_m &= \frac{2Ts}{T} \sum_{i=1}^{\frac{T}{Ts}} e(i) \cos m \frac{2\pi}{T} t(i) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

T_s : サンプル時間

【0 0 6 7】

さらに、前記式(3)を数式的に変形して、1サンプル前($(k-1)$ 時点)までに得られた偏心成分のフーリエ係数 $a_m(k-1)$ 、 $b_m(k-1)$ に、現時点(k 時点

) での観測情報 $e(k)$ により得られたフーリエ係数の変化分を逐次加算していく演算式として下記の関係式 (4) を求めることができる。

【0068】

【数4】

$$\left. \begin{aligned} a_m(k) &= a_m(k-1) + \frac{2Ts}{T} e(k) \sin m \frac{2\pi}{T} t(k) \\ b_m(k) &= b_m(k-1) + \frac{2Ts}{T} e(k) \cos m \frac{2\pi}{T} t(k) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

【0069】

ここで、 $a_m(k-1)$ 、 $b_m(k-1)$ は、偏心成分検出器221に保持されている最新の学習値である。 $a_m(k-1)$ 、 $b_m(k-1)$ の初期値、つまり $k-1=0$ 時点の $a_m(k-1)$ 、 $b_m(k-1)$ は、前記したように初期値決定部224から与えられる。

【0070】

偏心成分検出器221は、この最新学習値 ($a_m(k-1)$ 、 $b_m(k-1)$) と位置誤差 $e(k)$ とから、上記式 (4) に従って、現時点 (k 時点) での特定周波数 (偏心次数 m) の偏心成分の \sin 成分 $a_m(k)$ と \cos 成分 $b_m(k)$ を求める。偏心成分検出器221は、求めた偏心成分の大きさ (偏心量) を最新の適応学習値として、次のサンプル時点での式 (4) に従う偏心量算出 (学習) のために保持する。つまり偏心成分検出器221は、自身が保持している学習値を最新の学習値に更新する。

【0071】

偏心成分検出器221によって求められた偏心量はFFコントローラ222に出力される。FFコントローラ222は、この偏心量をもとに、当該偏心量を位置誤差 e から除去するための制御値 U_f を算出する。

【0072】

この制御値 U_f はFBコントローラ211により算出される制御値 U_b に加算部213によって加算され、その加算結果がプラント23の制御値として与えられる。

【0073】

さて、ヘッド104によりサーボデータが読み出されて、上記したトラック追従制御が実行されると、新たにシーク要求が発生したか否かが判定される（ステップA11）。もし、シーク要求が発生していないならば、次のサーボデータが読み出されてサーボバーストデータが抽出されるのを待って、次のトラック追従制御が実行される（ステップA10）。

【0074】

これに対し、新たなシーク要求が発生したならば、初期値決定部224は、今回、偏心成分検出器221によって求められた最新の適応学習値で、メモリ部223内の初期値領域223aに格納されている同じゾーンの学習値の初期値を更新する（ステップA12）。その後、ステップA4以降の処理が実行される。

【0075】

ステップA12の実行により、次に同じゾーン内でシーク動作が行われるときは、HDD起動時に求められた初期値ではなくて、トラック追従制御で求められた最新の適応学習値が初期値として用いられるため、トラック追従精度が一層向上する。

【0076】

なお、トラック追従制御の実行中におけるシーク要求の発生の有無に無関係に、偏心成分検出器221によって適応学習値が求められる毎に、その学習値で、メモリ部223に格納されている同じゾーンの学習値の初期値を更新するようにしてもよい。

【0077】

また、以上の説明では、シークモードにおいて初期値決定部224から偏心成分検出器221に与えられる初期値が、当該偏心成分検出器221によってそのままFFコントローラ222に出力されるものとしたが、これに限るものではない。例えば、偏心成分検出器221とFFコントローラ222との間に、初期値決定部224から出力される初期値及び偏心成分検出器221により検出（算出）される偏心量を入力とするセレクタを設け、そのいずれか一方の入力が当該セレクタによってFFコントローラ222に選択出力されるようにしてもよい。この場合、初期値決定部224はセレクタを制御して、シークモードでは初期値が

選択され、トラック追従モードでは偏心成分検出器 2 2 1 からの偏心量が選択されるようにすればよい。

【 0 0 7 8 】

また、シークモードでは、サーボシステムからフィードフォワード制御系 2 2 を切り離して、フィードバック制御系 2 1 のみを動かし、トラック追従モードに切り替わった時点で、フィードフォワード制御系 2 2 も動作させるようにしても構わない。この場合、トラック追従モードに切り替わった際に、初期値決定部 2 2 4 から偏心成分検出器 2 2 1 に対して、目標トラックが属するゾーンに対応した初期値を与えればよい。

【 0 0 7 9 】

[第 1 の変形例]

次に前記実施形態の第 1 の変形例について説明する。

前記実施形態では、各ヘッドのゾーン毎の偏心量の学習を HDD の起動時に行っていたため、HDD 起動時間が長くなる。そこで、この HDD 起動時間が長くなるのを防止するために、第 1 の変形例の第 1 の特徴は、各ヘッドのゾーン毎の偏心量の学習を HDD の製造段階で行って、その結果を FROM 1 7 に保存する点にある。第 1 の変形例の第 2 の特徴は、偏心量は経時変化する可能性があることを考慮し、HDD 起動時に各ヘッドのゾーン毎の偏心量の学習値（初期値）を補正する点にある。

【 0 0 8 0 】

そこで、第 1 の変形例では、FROM 1 7 内に、図 8 に示すように、RAM 1 8（メモリ部 2 2 3）内の初期値領域 1 8 0 a（2 2 3 a）と同様のデータ構造の初期値領域 1 7 0 a を確保して、当該初期値領域 1 7 0 a に、HDD の製造段階で各ヘッドのゾーン毎に取得された、予め定められた周波数別の偏心量の学習値（初期値）を保存するようにしている。

【 0 0 8 1 】

以下、第 1 の変形例における学習値（初期値）の補正について、図 9 のフローチャートを参照して説明する。

まず、図 1 の HDD の起動時に、FROM 1 7 の初期値領域 1 7 0 a に保存さ

れている製造時の学習値（初期値）をRAM18（メモリ部223）内の初期値領域180a（223a）にコピーする（ステップB1）。

【0082】

次に、ディスク1の各ヘッド0～3の特定のゾーンs（sは0～3のいずれか1つ）の特定トラックTRsで、それぞれ偏心量の再学習を行う（ステップB2）。この特定トラックTRsは、製造時の学習で用いられたゾーンs内のトラックと同一トラックとするのが好ましい。

【0083】

次に、再学習で求めたゾーンsでの学習値の、RAM18（メモリ部223）内の初期値領域180a（223a）に格納されている同じゾーンsでの学習値に対する変化率を各ヘッド毎に求める（ステップB3）。

【0084】

次に、初期値領域180a（223a）に格納されている全てのヘッドの全てのゾーンでの学習値を、対応する変化率分だけ補正する（ステップB4）。

【0085】

具体的には、HDD製造時のゾーンnでの学習値を $x(n)$ 、起動時のゾーンnsでの学習値を x_s とすると、ゾーンnでの補正された学習値 $x'(n)$ は、次式

$$x'(n) = x(n) * x_s / x(ns) \quad \dots (5)$$

に従って求めることができる。ここで、 $x_s / x(ns)$ は変化率である。

【0086】

このようにして補正された学習値と補正前の学習値との関係を、1つのヘッド（ディスク面）について図10に示す。図の例では、実線は補正前（製造時）の学習値を示し、破線は補正後（起動時）の学習値を示す。

【0087】

〔第2の変形例〕

次に前記実施形態の第2の変形例について説明する。

前記第1の変形例では、HDDの製造時に各ヘッドのゾーン毎に求められた学習値をHDD起動時に補正して、そのゾーン内のいずれのトラックでも当該補正後の学習値を共通に用いている。しかし、同一ゾーンでも、トラック位置により

偏心量の変化の影響が異なるため、補正後の学習値がゾーン内の各トラックに対して必ずしも正確な偏心量を表しているとは限らない。このため第1の変形例において、トラック位置による偏心量の変化をより正確に補正するには、ゾーンを構成するトラック数が少なくなるように、ゾーン数を増やす必要がある。この場合、HDDの製造段階での学習処理とHDD起動時の補正処理とに要する時間が長くなる。

【0088】

そこで、上記各処理に要する時間、特にHDD起動時の補正処理に要する時間が長くなるのを防止するために、第2の変形例の第1の特徴は、HDDの製造段階で各ヘッド毎に複数のトラックで偏心量の学習を行い、その学習値から、ディスク1のトラック位置（半径位置）に対する偏心量の特性を各ヘッド毎に折れ線または曲線で近似して、その近似折れ線または近似曲線を表す関数情報（以下、偏心特性情報と称する）をFROM17に保存する点にある。第2の変形例の第2の特徴は、HDD起動時に各ヘッド毎の近似折れ線または近似曲線を補正する点にある。

【0089】

そこで、第2の変形例では、図11（a）に示すように、FROM17内に偏心特性領域170bを確保して、当該領域170bに、HDDの製造段階で求められた各ヘッド毎の偏心特性情報を保存するようにしている。この場合、RAM18、メモリ部223には、それぞれ図11（b）、図11（c）に示すように、FROM17内の偏心特性領域170bの内容がコピーされる偏心特性領域180c、偏心特性領域223cが確保される。

【0090】

以下、第2の変形例における学習値（初期値）の補正について、図12のフローチャートを参照して説明する。

まず、図1のHDDの起動時に、FROM17の偏心特性領域170bに保存されている各ヘッド毎の偏心特性情報をRAM18（メモリ部223）内の偏心特性領域180c（223c）にコピーする（ステップC1）。

【0091】

次に、ディスク 1 の各ヘッド 0 ~ 3 の特定のゾーン s (s は 0 ~ 3 のいずれか 1 つ) の特定トラック TRs で、それぞれ偏心量の再学習を行う (ステップ C 2) 。この特定トラック TRs は、製造時の学習で用いられたゾーン s 内のトラックと同一トラックとするのが好ましい。

【 0 0 9 2 】

次に、再学習で求めたゾーン s での学習値 (再学習値) の、同じゾーン s での HDD 製造時の学習値に対する変化率を各ヘッド毎に求める。即ち、RAM 1 8 (メモリ部 2 2 3) 内の偏心特性領域 1 8 0 c (2 2 3 c) に格納されている偏心特性情報の示す偏心特性 (近似折れ線または近似曲線) からトラック TRs での偏心量を推定し、その推定値に対する上記再学習値の変化率を各ヘッド毎に求める (ステップ C 3, C 4) 。

【 0 0 9 3 】

次に、RAM 1 8 (メモリ部 2 2 3) 内の偏心特性領域 1 8 0 c (2 2 3 c) に格納されている全てのヘッドの偏心特性情報に対応する変化率分だけ補正する (ステップ C 5) 。つまり、ステップ C 5 では、HDD 製造時のゾーン ns での学習値を $x(ns)$ 、起動時のゾーン ns での学習値を xs とすると、HDD 製造時に求めた偏心特性 (近似折れ線または近似曲線) に対して、変化率 $xs/x(ns)$ を乗じて偏心特性を補正する。したがって、この偏心特性から、目的とするトラックでの偏心量を初期値として算出することで、当該トラックでの偏心量をより正確に補正することが可能になる。

【 0 0 9 4 】

このようにして補正された偏心特性と補正前の偏心特性との関係を、1 つのヘッド (ディスク面) について図 1 3 に示す。図の例では、実線は補正前 (製造時) の偏心特性を示し、破線は補正後 (起動時) の偏心特性を示す。

【 0 0 9 5 】

なお、前記第 1 の変形例と同様に、FROM 1 7 及び RAM 1 8 (メモリ部 2 2 3) 内に初期値領域を確保して、HDD の起動時に、FROM 1 7 に保存されている製造時の学習値 (初期値) を RAM 1 8 にコピーするようにしてもよい。この場合、HDD の起動時の再学習で取得した学習値に基づいて算出される変化

率で、製造時に求められた学習値を補正し、その補正後の学習値から偏心特性を近似して、その偏心特性を表す情報で偏心特性領域 1 8 0 c (2 2 3 c) 内の情報を補正 (更新) することも可能である。ここでは、トラック追従制御の実行中にシーク要求が発生した場合に、前記実施形態と同様に、偏心成分検出器 2 2 1 によって求められた最新の適応学習値で、メモリ部 2 2 3 に格納されている同じゾーンの学習値の初期値を更新することができる。また、更新後のメモリ部 2 2 3 の内容から、偏心特性を近似して、その偏心特性を表す情報で偏心特性領域 1 8 0 c (2 2 3 c) 内の情報を補正 (更新) することも可能である。

【 0 0 9 6 】

以上に述べた実施形態においては、本発明を磁気ディスク装置に適用した場合について説明したが、本発明は、光ディスク装置、光磁気ディスク装置など、ヘッドをディスク上の目標位置に位置決めするためのヘッド位置決め制御が行われるディスク記憶装置全般に適用することができる。

【 0 0 9 7 】

なお、本発明は、上記実施形態及びその変形例に限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。更に、上記実施形態及びその変形例には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件における適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。例えば、実施形態に示される全構成要件から幾つかの構成要件が削除されても、発明が解決しようとする課題の欄で述べた課題が解決でき、発明の効果の欄で述べられている効果が得られる場合には、この構成要件が削除された構成が発明として抽出され得る。

【 0 0 9 8 】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、適応学習値の初期値を、目標位置に応じて、実際のディスク記憶装置におけるディスクの半径位置による歪み量等の相違に起因する偏心量の違いを反映した値に切り替えることができるため、ディスク記憶装置毎の偏心特性のばらつきに影響されずにヘッドを目標位置に高精度に追従させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態に係る磁気ディスク装置の構成を示すブロック図。

【図 2】

同実施形態において実現されるサーボシステムの概念を説明するためのブロック図。

【図 3】

同実施形態において R A M 1 8 及びメモリ部 2 2 3 に初期値領域が確保されている様子を示す図。

【図 4】

ディスク 1 の回転に同期する偏心成分の大きさが当該ディスク 1 の半径方向の位置によって異なる様子を示す図。

【図 5】

ディスク 1 における偏心量の初期値を学習する単位としてのゾーンを説明するための図。

【図 6】

初期値領域のデータ構造例を示す図。

【図 7】

同実施形態における動作を説明するためのフローチャート。

【図 8】

同実施形態の第 1 の変形例において F R O M 1 7 に初期値領域が確保されている様子を示す図。

【図 9】

同第 1 の変形例における学習値（初期値）の補正を説明するためのフローチャート。

【図 1 0】

同第 1 の変形例における学習値（初期値）の補正前と補正後との関係を示す図。

【図 1 1】

同実施形態の第 2 の変形例において、FROM 1 7、RAM 1 8 及びメモリ部 2 2 3 に偏心成分特性領域が確保されている様子を示す図。

【図 1 2】

同第 2 の変形例における学習値（初期値）の補正を説明するためのフローチャート。

【図 1 3】

同第 2 の変形例における偏心特性の補正前と補正後との関係を示す図。

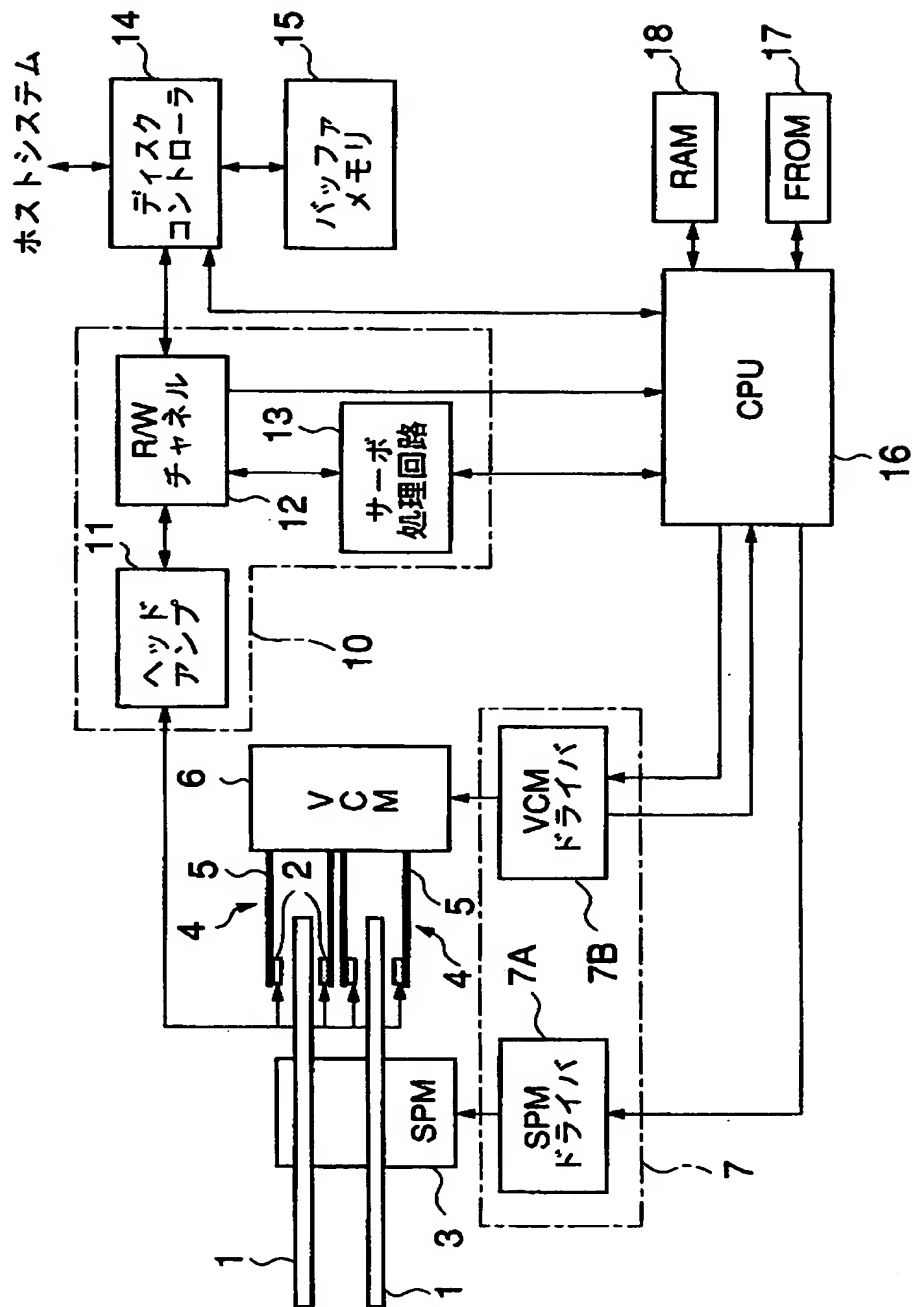
【符号の説明】

- 1 … ディスク
- 2 … ヘッド
- 3 … スピンドルモータ
- 4 … アクチュエータ
- 6 … VCM（ボイスコイルモータ）
- 1 0 … 信号処理回路
- 1 6 … CPU
- 1 7 … FROM（フラッシュROM）
- 1 8 … RAM
- 2 1 … フィードバック制御系
- 2 2 … フィードフォワード制御系
- 1 7 0 a，1 8 0 a，2 2 3 a … 初期値領域
- 1 7 0 b，1 8 0 b，2 2 3 b … 偏心成分特性領域
- 2 1 1 … FB（フィードバック）コントローラ
- 2 1 2 … 位置誤差検出器
- 2 1 3 … 加算部（出力手段）
- 2 2 1 … 偏心成分検出器（適応学習器）
- 2 2 2 … FF（フィードフォワード）コントローラ
- 2 2 3 … メモリ部
- 2 2 4 … 初期値決定部

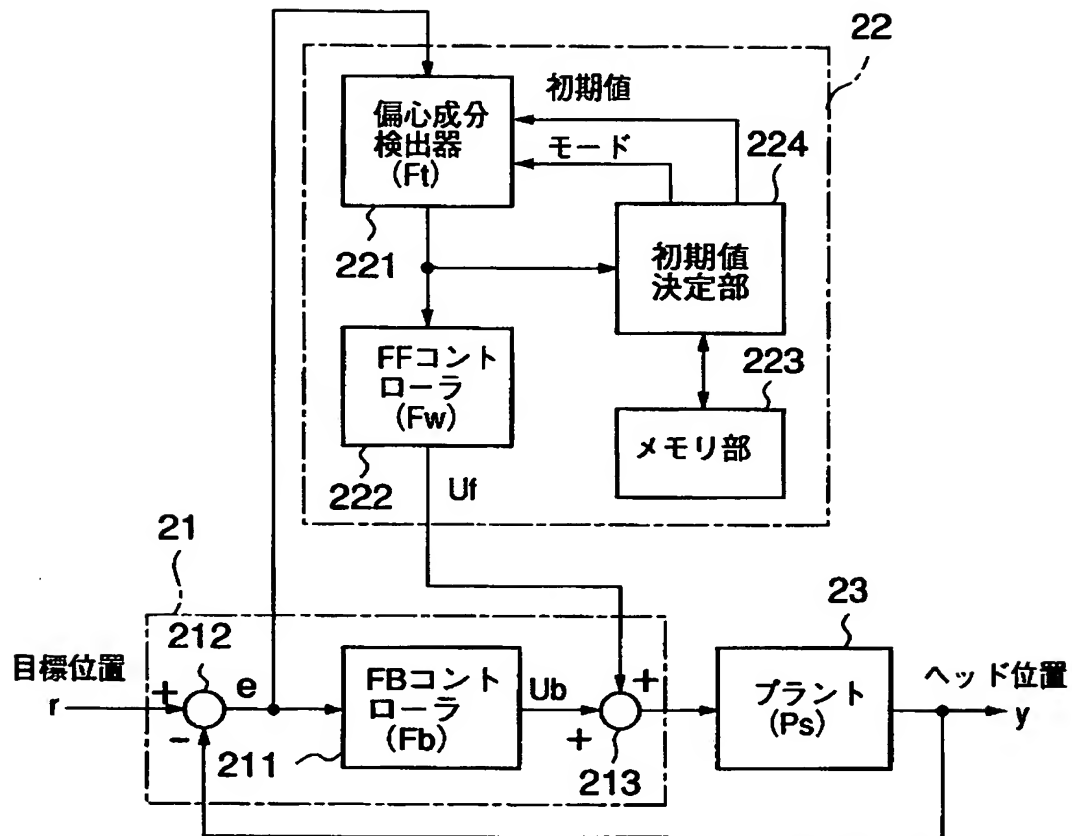
【書類名】

凶面

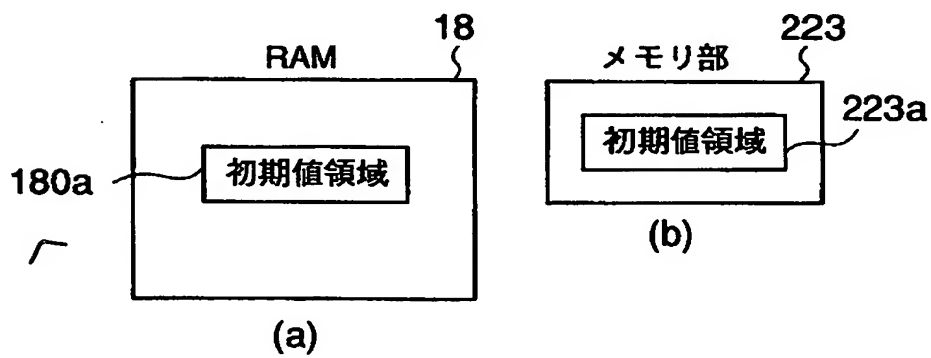
【図 1】



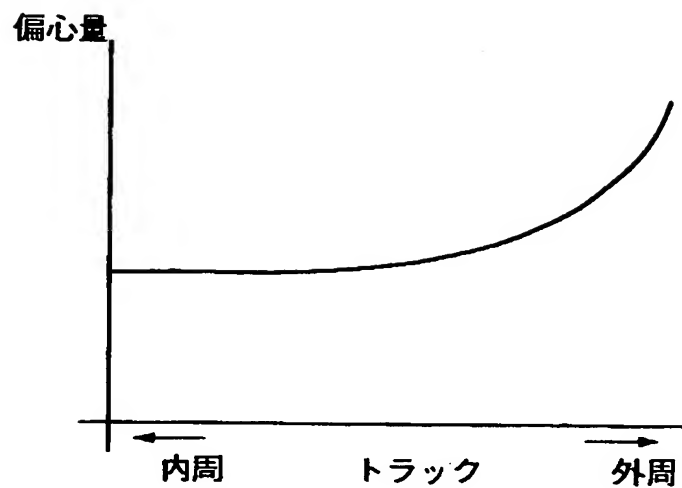
【図 2】



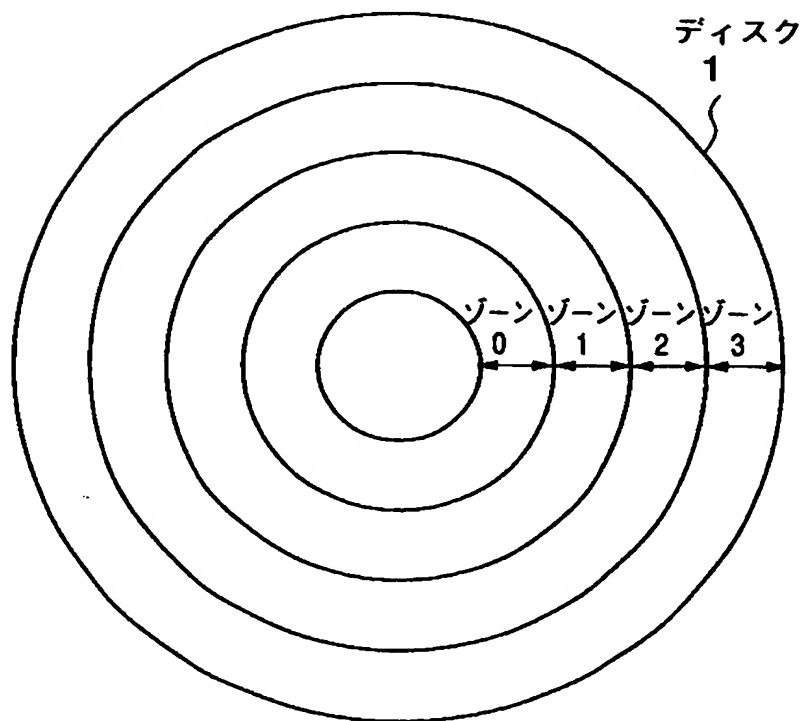
【図 3】



【図4】



【図5】



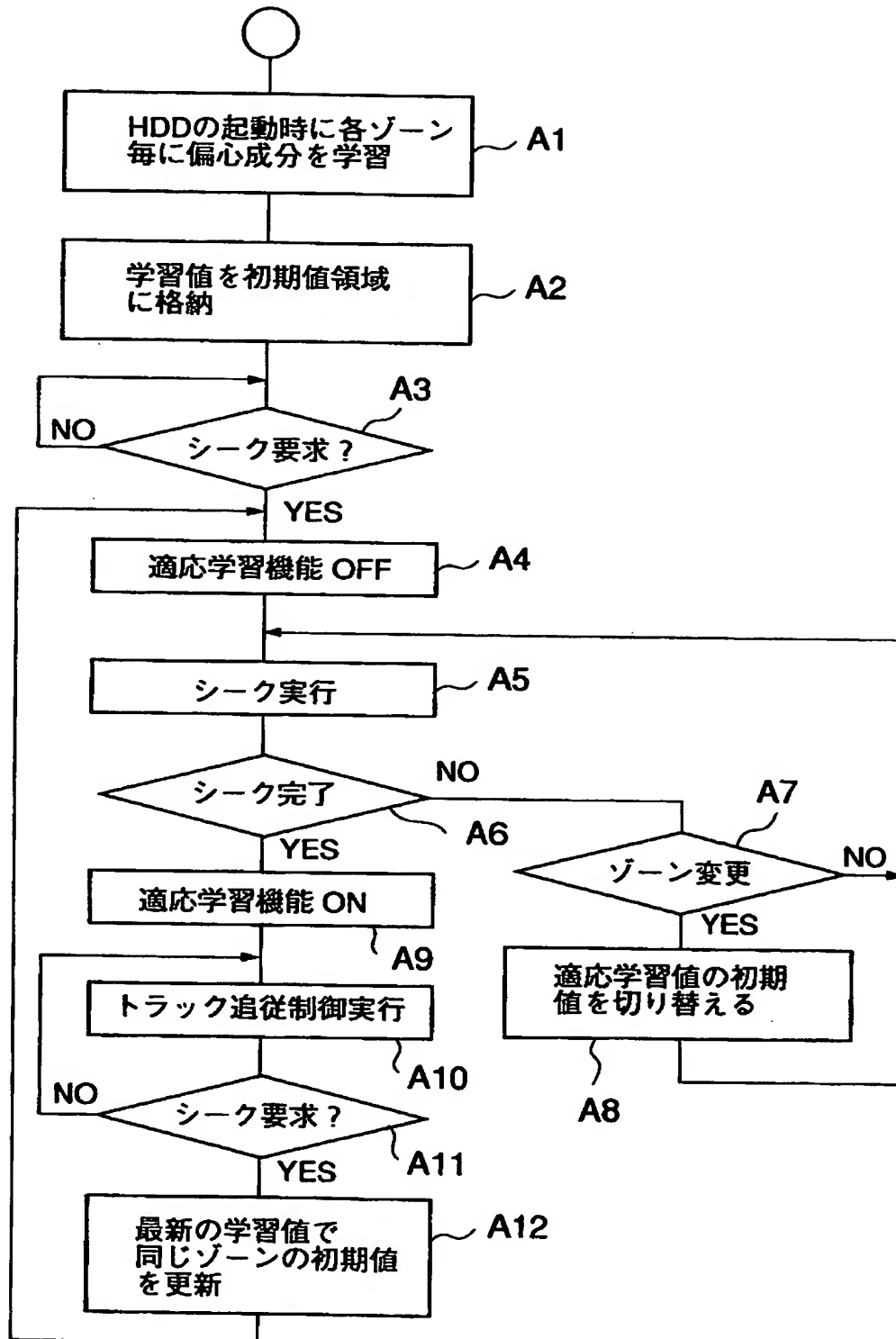
【図 6】

223a(180a)

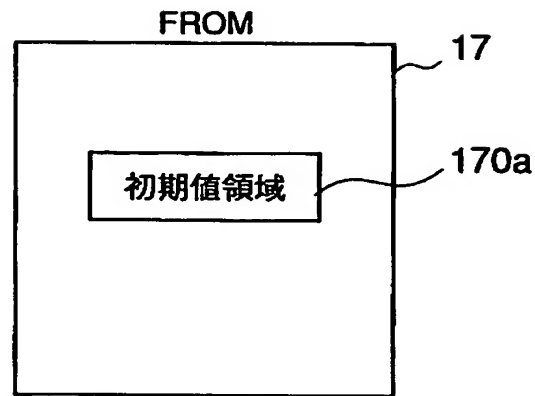
初期値領域

ヘッド番号	ゾーン番号	初期値
0	0	
	1	
	2	
	3	
1	0	
	1	
	2	
	3	
3	0	
	1	
	2	
	3	

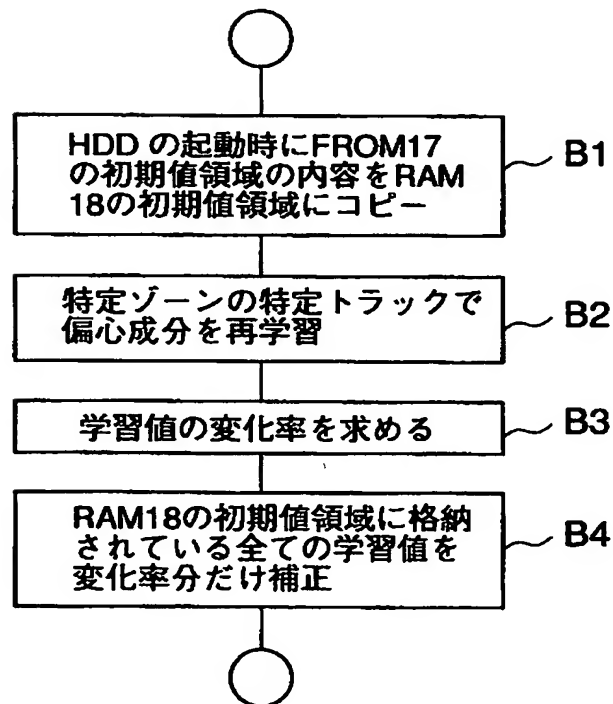
【図 7】



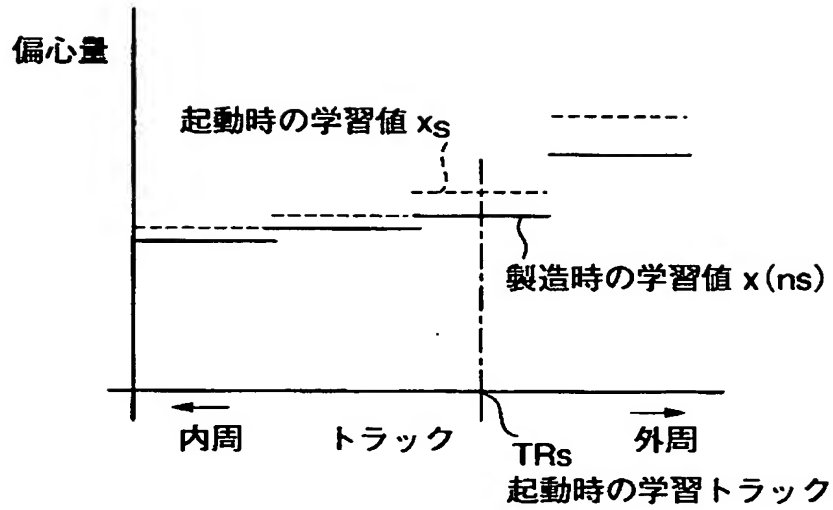
【図 8】



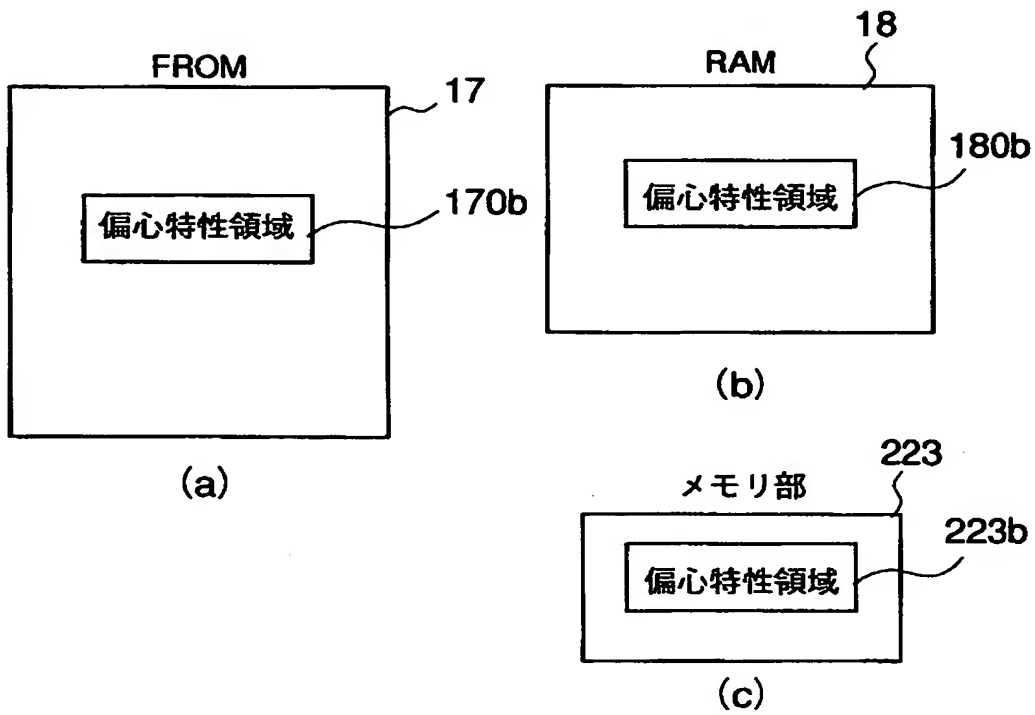
【図 9】



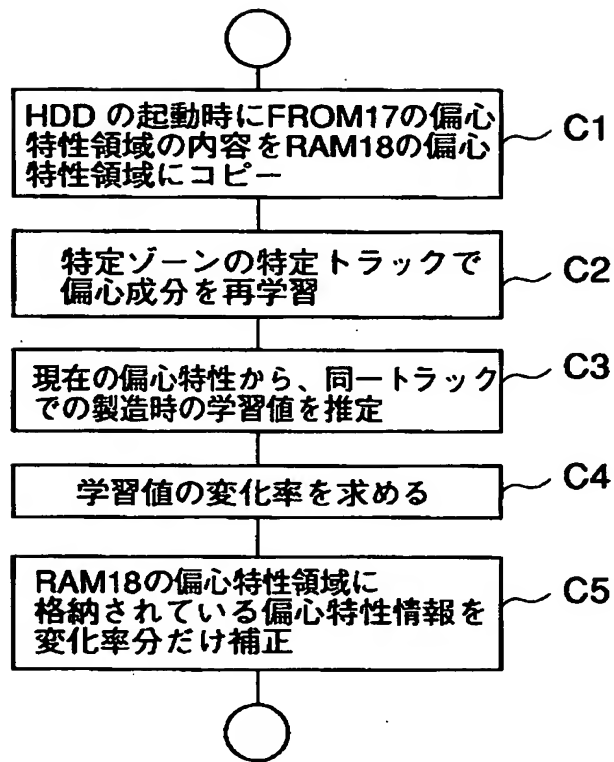
【図10】



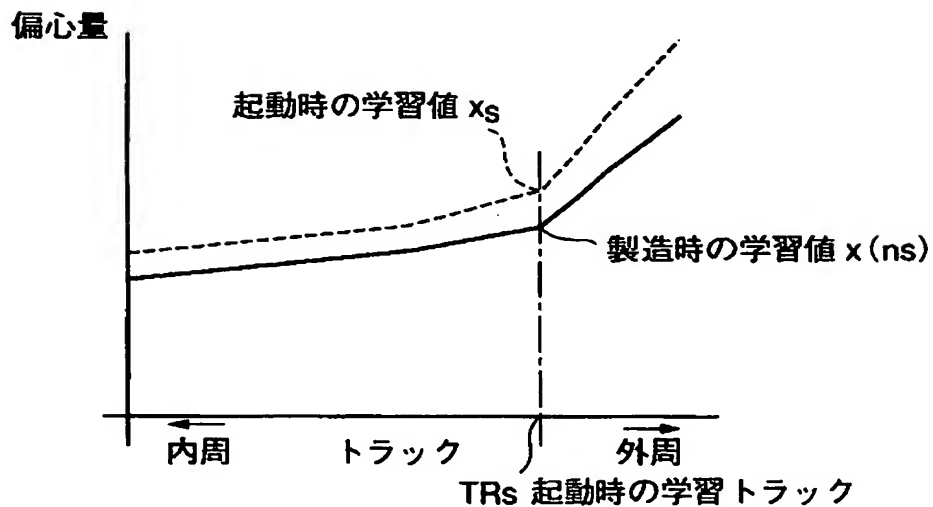
【図11】



【図 1 2】



【図 1 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 適応学習値の初期値として、実際のディスク記憶装置に適合し、且つ目標位置に応じた偏心量を用いることができるようにする。

【解決手段】 HDDの起動時に、ディスクの各ゾーンの特定トラック毎の偏心量を偏心成分検出器 2 2 1 により学習させ、その結果をメモリ部 2 2 3 に格納する。初期値決定部 2 2 4 は、シークモードでは偏心成分検出器 2 2 1 の適応学習機能をオフさせ、ヘッドが位置するゾーンに対応した初期値を検出器 2 2 1 に与える。初期値決定部 2 2 4 はシーク後にトラック追従モードに切り替えて上記適応学習機能をオンさせる。検出器 2 2 1 は、最も最近に初期値決定部 2 2 4 から与えられた現在のヘッド位置（目標トラック位置）が属するゾーンに対応した偏心量を適応学習の初期値として、各サンプル時点毎に位置誤差 e に含まれる偏心量を適応学習により求めて FF コントローラ 2 2 2 に出力する動作を開始する。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	1990年 8月22日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
氏 名	株式会社東芝